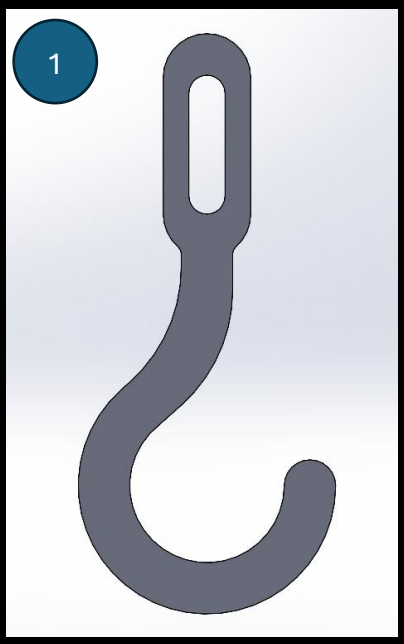
Anleitung zur Herstellung von Karbonfaserverbundwerkstoffen

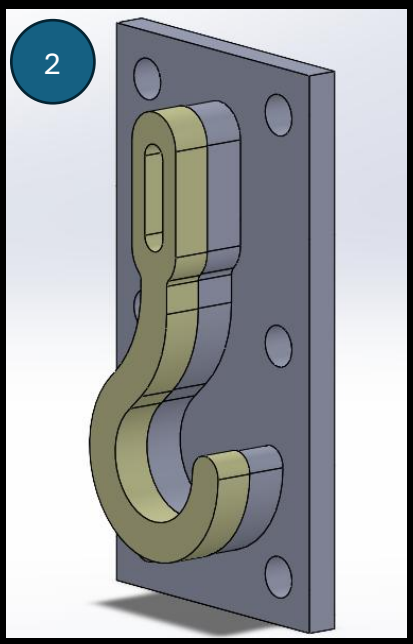
Aaron Alevrofas, Niels Grollimund, Sara Wüst

CAD-Konstruktion

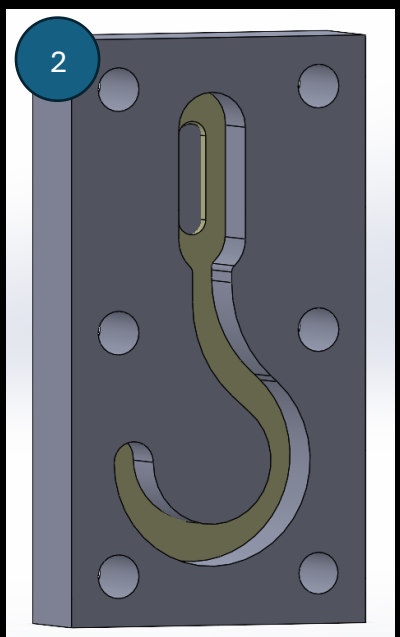
1



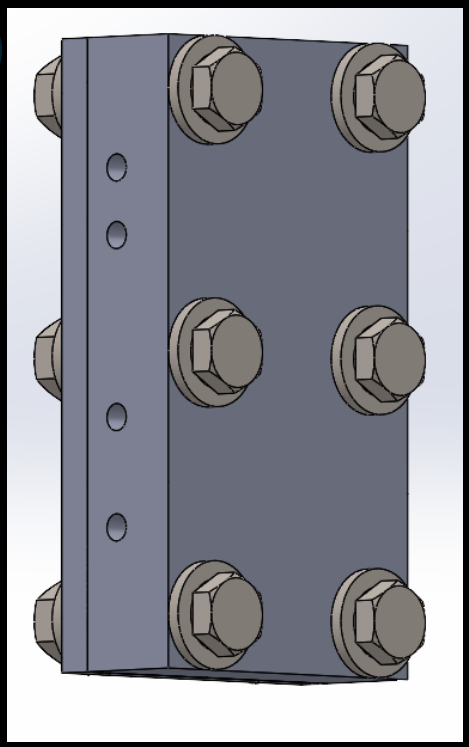
2



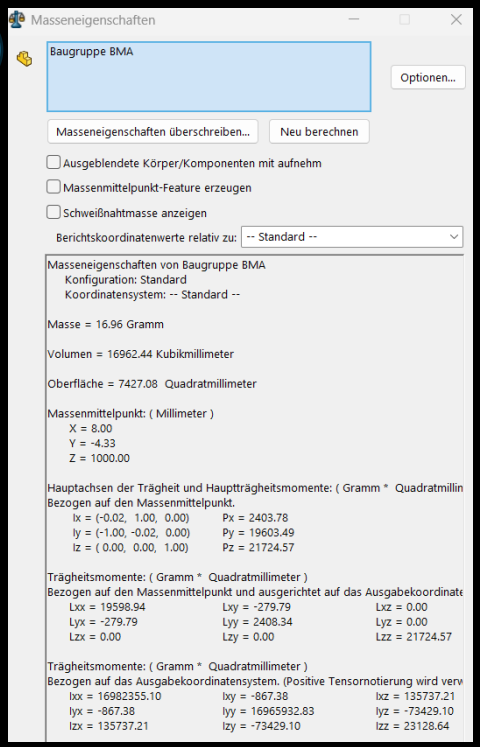
2



3



4



Die Positiv- genauso wie die Negativformen können mit einem 3D-Drucker hergestellt werden. Um diese zu erstellen, könne die Formen mit einem geeigneten CAD-Programm gezeichnet werden. Hier wurde das verbreitete Programm SolidWorks 2024 verwendet.

Schritt für Schritt Konstruktion:

1. Anfangs kann das gewünschte Produkt konstruiert werden.

2. Um dieses Produkt kann dann die Positiv- und Negativform konstruiert werden.

   Beachten:

   - Positivform: Da durch kleine Ungenauigkeiten des 3D-Druckers die Formen nicht gut ineinanderpassen, kann die Positivform 0.1mm kleiner designed werden, um Abweichungen des Druckers auszugleichen.
   - Negativform: In zwei oder sogar drei Teilen drucken, damit das Produkt dann auch ohne Beschädigungen entnommen werden kann. Ebenfalls wird empfohlen, eine leichte Facette an der oberen Kante zu machen, um das Einführen der Positivform zu vereinfachen.

3. Zur Visualisierung und Überprüfung, kann alles zu einer Baugruppe zusammengefügt werden. In SolidWorks 2024 besteht ebenfalls die Möglichkeit, bereits die gewünschten Schrauben, Unterlagscheiben und Muttern einzufügen.

4. Um später die Berechnung durchzuführen, um die Verhältnisse der Fasern und Matrix zu berechnen, können die gegebenen Masse des Programmes verwendet werden. Diese sind im SolidWorks 2024 folgendermassen zu finden: Extra – Masseigenschaften – evaluieren – Masseigenschaften.

Formel: $m_P = 0{,}6 \cdot$ Volumen in $cm^3 \cdot 1{,}4\ g/cm^3$

0.6: 60% ist Fasern, die restlichen 40% Matrix

1.4 g/cm^3: gegebene Dichte der Fasern (kann leicht variieren)

Drucken

Für das Drucken der Formen empfiehlt sich PETG zu verwenden. Dies weil sich PETG am die besten Trenneigenschaften vorweist.

Einstellungen 3D Drucker

- 55 % – 75 % Infill (Gyroid)
- 6, Wandlinien
- 5, Obere- und untere Schalendicke
- 0.12 mm Schichthöhe

Anschaffung der Rohmaterialien

Epoxidharz:

Benötigt werden ein passendes Harz und dazu ein geeigneter Härter. In der folgenden Tabelle sind die gängigsten Härter und Harze für Heimanwender aufgeführt. So kann herausgelesen werden, welches Epoxidharz für welche Anwendungen geeignet ist.

In den Beispielwerkstücken auf den folgenden Seiten wurde das Harz L mit dem Härter L verwendet, da dieser genügend Verarbeitungszeit bietet. Pro Arbeitsgang kann jedoch nur ein 8mm Laminat hergestellt werden.

Die in der Tabelle aufgeführten Materialien können bei R&G Faserverbundwerkstoffe bestellt werden.

	Harz L + Härter S	Harz L + Härter L	Harz L + Härter CL	Harz L + Härter GL 1
Verarbeitungszeit	15 min	40 min	60 min	30 min
Anwendungsbeispiele	Kleinere Bauteile und Reparaturen	Viele Anwendungen im Modell- und Sportgerätebau	Viele Anwendungen im Modell- und Sportgerätebau und CFK-Beschichtungen Exzellente mechanische Eigenschaften	Kleinere Reparaturen und Bauteile
Eigenschaften	Mittlere Viskosität Lösemittel- und füllstofffrei Hohe dynamische und statische Festigkeit Nicht zellschädigend	Geringe Viskosität Lösemittel- und füllstofffrei Hohe dynamische und statische Festigkeit Nicht zellschädigend Klebfreie Haftung auch in dünnsten Schichten	Geringe Viskosität Lösemittel- und füllstofffrei Hohe dynamische und statische Festigkeit Nicht zellschädigend Klebfreie Haftung auch in dünnsten Schichten UV-stabil Hervorragende Faserbenetzung	Mittlere Viskosität Lösemittel- und füllstofffrei Hohe dynamische und statische Festigkeit Nicht zellschädigend
Härtung	Ab 5° C 16 – 24 h bei RT (23°C)	Ab 8°C Über 24 h bei RT (23°C)	Ab 15°C 24h bei RT (23°C)	Ab 10°C 24h bei RT (23°C)
Wärmebeständigkeit	60°C	60°C	85°C bei Temperung	80°C bei Temperung

Carbonfasern:

Die Endlosfasern können bei der Sutter-Kunststoffe AG in der gewünschten Anzahl Meter bestellt werden. Auf ihrer Webseite werden sie als «Roving» verkauft.

Die Kohlenfaserschnitzel können bei R&G Faserverbundwerkstoffe in 200g oder 1000g Packungen bestellt werden. Es gibt sie in den Längen 3mm, 6mm oder 12mm. Wenn der Bedarf der Kohlefaserschnitzel eher gering ist, können sie aber auch selber aus den Endlosfasern zugeschnitten werden.

1
4
5
5
5
6

Herstellung des Produktes

1. Alle Flächen, welche mit Epoxidharz in Kontakt kommen mit Trennwachs behandeln.

Beachten:

- Beim Verwenden von festem Trennwachs darauf achten, dass sich keine Ansammlungen von Wachs bilden. Dies kann zu Einschlüssen und folglich zu ungewollten Schwächungen führen.

2. Verhältnis (60% Fasern, 40% Matrix) anhand des gegebenen Gewichtes berechnen.

Beachten:

- Das Gewicht wird im CAD-Programm angegeben und kann für die Berechnung verwendet werden. Siehe CAD-Konstruktion Punkt 4.

3. Kohlenstofffasern vorbereiten und zuschneiden

Beachten:

- Wenn das Endprodukt ein Mix aus Endlosfasern und Faserschnitzel ist, muss das gewünschte Verhältnis bei der Abmessung eingehalten werden.

4. Epoxidharz abmessen und mischen

Beachten:

- Die Abwägung sollte möglichst genau sein, um Schwächungen der Matrix durch Messungenauigkeit zu verhindern.
- Nach dem Abwägen Härter und Harz gut untereinander Mischen.

5. Durchtränkte Kohlenstofffasern einlegen

Beachten:

- Wenn das Produkt ein Mix aus den verschiedenen Fasern ist, können die Schichten abwechselnd eingelegt werden.
- Die Endlosfasern sollten vor dem Einlegen getränkt werden.
- Nach jeder eingelegten Schicht kann gleichmässig etwas Epoxidharz in die Form gegossen werden, um sicherzustellen, dass alle Fasern gut durchtränkt sind.

6. Pressen der Form durch das Aufsetzten und Anziehen des Deckels mit der Positivform

Beachten:

- Das Anziehen des Deckels sollte gleichmässig und nicht zu schnell erfolgen, damit das Epoxidharz gut ablaufen kann und sich keine Lufteinschlüsse bilden.
- Da die Schrauben nur am Rand angebracht sind und sich die Form in der Mitte aufwölbt, sollte dort mithilfe von Schraubzwingen die Wölbung ausgeglichen werden.

7. Trocknen und Aushärten

Beachten:

- Mindestens 24h bei Raumtemperatur trocknen und aushörten lassen. Diese Zeitdauer kann je nach Epoxidharz variieren.
- Die Form sollte, während dem Trocknen waagrecht gelagert werden.

8. Erst Deckel, dann Negativform mitsamt Endprodukt ausstossen

Beachten:

- Das Ausstossen sollte gleichmässig erfolgen, um Schäden möglichst zu vermeiden.

9. Endprodukt aus der Negativform entfernen

Beachten:

- Um Schäden am Produkt zu vermeiden, sollte dieser Schritt möglichst sorgfältig gemacht werden.

Tipp:

- Erst alle Überreste des trockenen Epoxidharzes entfernen.
- Anschliessend erst die eine Hälfte der Form entfernen und dann sorgfältig das Produkt aus der restlichen Form herauslösen.

10. Nachbearbeitung: überwiegend Schleifen, weitere Bearbeitungen nach Bedarf

Beachten:

- Grosse Rückstände könne auch vor dem Schleifen mithilfe von einem Seitenschneider entfernt werden.
- Beim Schleifen sollte eine Maske und Handschuhe getragen werden um sich vor dem Feinstaub des Carbons zu schützten.

Quellenverzeichnis

Webseite:

www.easycomposites.eu, Video: Forged Carbon Fibre Mould and Strength Optimisation